

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robototechniky

Konstrukce manipulátoru palet

Construction of a Pallets Manipulator

Student:

Kamil Janecký

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Burkovič, Ph.D.

Ostrava 2011

Zadání bakalářské práce

Student: **Kamil Janecký**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R013 Robotika
Specializace: 70 Robotika
Téma: **Konstrukce manipulátoru palet**
Construction of a Pallets Manipulator

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte možnosti řešení stohovače palet o rozměrech 1200x800 mm do výšky stohu 1600 mm.
2. Navrhněte alternativní řešení podávače..
3. Vyberte optimální dispoziční uspořádávání a zpracujte konstrukční řešení podávače.
4. Proveďte zhodnocení dosažených výsledků
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu editoru MSWORD a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. [online] Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace/>](http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace/)
- [2] KONEČNÝ, Z, *Základy technické dokumentace*. [online] Dostupné z [www: <http://robot2.vsb.cz/elekskripta/technicka_dokumentace/titulni_strana.htm>](http://robot2.vsb.cz/elekskripta/technicka_dokumentace/titulni_strana.htm)
- [3] SKAŘUPA, J. *Průmyslové roboty a manipulátory* [online] Dostupné z [www: <http://robot2.vsb.cz/elekskripta/pram/index.html>](http://robot2.vsb.cz/elekskripta/pram/index.html)
- [4] BURKOVIČ, J. *Navrhování RTP*. [online] Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/files/resources/navrhovani-rtp.pdf>](http://robot.vsb.cz/files/resources/navrhovani-rtp.pdf)

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Burkovič, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 21.5.2011

.....

Prohlašuji, že

- jsem celou bakalářskou práci, včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :

.....

Podpis

Jméno a Příjmení: Kamil Janecký

Adresa trvalého pobytu autora práce: Polní 410, Bohuslavice 74719

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Janecký, K. *Konstrukce manipulátoru palet: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2011, 48 s. Vedoucí práce: Burkovič J.

Práce se zabývá konstrukcí manipulátoru palet. V úvodu se věnuji paletám, jejich dopravou a manipulací. Poté uvádím možné varianty řešení tohoto stohovače a po provedení hodnotové analýzy byla zvolená optimální varianta, která využívá pneumatické pohony a skládá se ze dvou zvedacích sloupů, které jsou umístěné naproti sobě ze strany dopravníku.

Práce je doložena výkresovou dokumentací, modelem a také potřebnými výpočty.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

Janecký, k. *Construction of a Pallets Manipulator: Bachelor thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2010, 48 p. Thesis head: Burkovič J.

This work deals with the construction of pallets manipulator. The introduction is devoted to pallets, their transport and manipulation. Then I present possible options and the stacker after value analysis was the optimal variant, which uses pneumatic drive and consists of two lifting columns that are placed opposite each other on side conveyor.

The work is supported by drawing documentation, models and the necessary calculations.

Velmi rád bych poděkoval a vyslovil uznání všem, kteří mi pomáhali při vzniku této práce. Především Ing. Janu Burkovičovi, Ph.D, vedoucímu mé bakalářské práce, za odborné vedení a množství praktických rad. Dále pak Ing. Ladislavu Kárníkovi, CSc, který mi vždy ochotně pomohl svými cennými informacemi.

Obsah

1	Analýza	10
1.1	Palety	10
1.1.1	Euro palety	10
1.1.2	Standardní palety	11
1.1.3	Atypické palety	12
1.2	Manipulace s paletami	12
1.2.1	Paletové vozíky	12
1.2.2	Motorové vysokozdvížné vozíky	13
1.2.3	Válečkový dopravník	14
1.2.4	Řetězový dopravník	14
1.3	Zásobníky (stohovače) palet	15
1.3.1	Zásobník s navíječnými bubny	15
1.3.2	Pneumatický zásobník palet PSS 15 P	16
1.3.3	Zásobník prázdných palet s pojezdovým vozíkem	17
1.3.4	Stohovací zařízení na palety SMPS	18
1.3.5	Robotický ukladač	19
2	Požadavkový list:	20
3	Varianty řešení stohovače palet	21
3.1	Varianta 1 - Stohovač s nůžkovou zdviží	21
3.2	Varianta 2 - Stohovač s uchopovacím zařízením jezdící na portálu	22
3.3	Varianta 3 - Stohovač s využitím pneumatických válců	23
4	Hodnotová analýza	24
4.1	Hodnocená kritéria	24
4.2	Stupnice hodnocení	24
4.3	Přiřazení číselných hodnot ke kritériím u jednotlivých variant	24
4.4	Určení významnosti kritérií	25
4.5	Výpočet celkových indexů variant a výběr optimální varianty	25
4.6	Tabulka shrnutých výsledků	25
5	Podrobný popis optimální varianty	26
5.1	Základní princip	26
5.2	Válečkový dopravník	27
5.3	Funkce zvedacího sloupu	28
5.3.1	Pneumatický válec a jeho příslušenství	29
5.3.2	Vysouvací zařízení	30
5.3.3	Posuvná deska	31
6	VÝPOČTY	32
6.1	Výpočet válečkového dopravníku:	32

6.1.1	Počet palet na modulu:	32
6.1.2	Minimální počet válečků pod objektem:	32
6.1.3	Rozteč mezi válečkami:	33
6.1.4	Hmotnost předmětu na jeden váleček:	33
6.1.5	Počet válečků na celém modulu:	33
6.1.6	Potřebný výkon:	33
6.1.7	Síla vyvolaná jednou paletou na zarážku:	34
6.2	Výpočet zátěže	35
6.2.1	Počet palet	35
6.2.2	Hmotnost stohu palet	35
6.2.3	Síla působící na jeden zvedák	35
6.3	Výpočet pneumatického válce	36
6.4	Kontrola vidlice	36
6.5	Kontrola vodících tyčí:	38
6.6	Kontrola kuličkového pouzdra	41
6.7	Kontrola čepu	42
6.8	Časový rozbor	44
7	Závěr	46
8	Použitá literatura	47
9	Seznam příloh:	48

Seznam použitých značek:

Značka	Veličina	Jednotka
x_p	Délka palety	m
x_m	Vzdálenost mezi paletami	m
l_m	Délka válečkového dopravníku	m
m_p	Hmotnost stohu palet	kg
d_v	Průměr válečku	mm
d_h	Průměr hřídele válečku	mm
n_m	Max. počet stohů na dopravníku	-
k_1	Počet válečku pod paletou	-
t	Rozteč válečků	mm
z	Počet válečků	-
β	Sklon dopravníku	°
f	Součinitel čepového tření	-
e	Součinitel valivého tření	-
μ	Smykové tření	-
v	Dopravní rychlost	m/s
η_1	Účinnost převodu	-
P	Výkon motoru	kW
P_1	Dodatkový výkon	kW
F_z	Síla na zarážku	N
n	Počet palet na sobě	-
m_1	Hmotnost palety	Kg
F	Zatížení zvedacích sloupu	N
P	Tlak stlačeného vzduchu	MPa
M_o	Ohybový moment	Nm
$F_{1,2}$	Sílové reakce	N
W_R	Dynamické zatížení	N
t	Čas nastohování palet na sebe	s
L_h	Životnost pouzdra	hod
f	Počet cyklů	-
S_{1-6}	Dráha vidlice a palety	mm

Tab. 1- seznam použitých značek

Úvod

V současné době známe tři hlavní skupiny palet: standartní, europalety a atypické palety. Tyto typy se liší rozměry, konstrukcí a nosnostmi. Palety všeobecně slouží jako pevný podklad stahovatelného zboží, díky nim je lépe využita úložná plocha přepravních prostředků a tím usnadňují přepravu zboží.

S paletami se může manipulovat manuálně, pomocí paletového vozíku nebo vysokozdvizných vozíku. V automatizovaných provozech se palety pohybují na dopravnících. Mezi nejčastější patří válečkový a řetězový. Tyto dopravníky velmi často obsahují zařízení pro stohování a destohování prázdných palet. Stohovače se liší podle různých aspektů: typ palet, s kterými dokáže manipulovat, maximální nosnost, maximální množství palet, které dokáže na sebe naskládat, typ pohonů a další.

Cílem bakalářské práce je zkonstruovat stohovač palet, který stohuje europalety do výšky 1,6 m. První část bakalářské práce je zaměřena na analýzu druhů palet a jejich manipulaci. Následuje návrh třech variant stohovačů a výběr optimální varianty. Která je podrobně popsána ve zbytku bakalářské práce.

1 Analýza

1.1 Palety

Přepravní palety jsou plochým pevným podkladem, používaným pro přepravu stahovatelného zboží. Důvodem pro používání palet je dokonalejší využití úložné plochy přepravních prostředků (nákladních automobilů, železničních vagonů, kontejnerů apod.) a skladů. Další výhodou používání přepravních palet je rychlejší manipulace se zbožím v průběhu přepravy.

Druhy uložení palet: na sebe

 do sebe (tzv. zámkování)

-zámkování je vhodné při přepravě, protože tak klasický kamion pojme 700 ks, zatímco při volném skládání na sebe kolem 544 ks

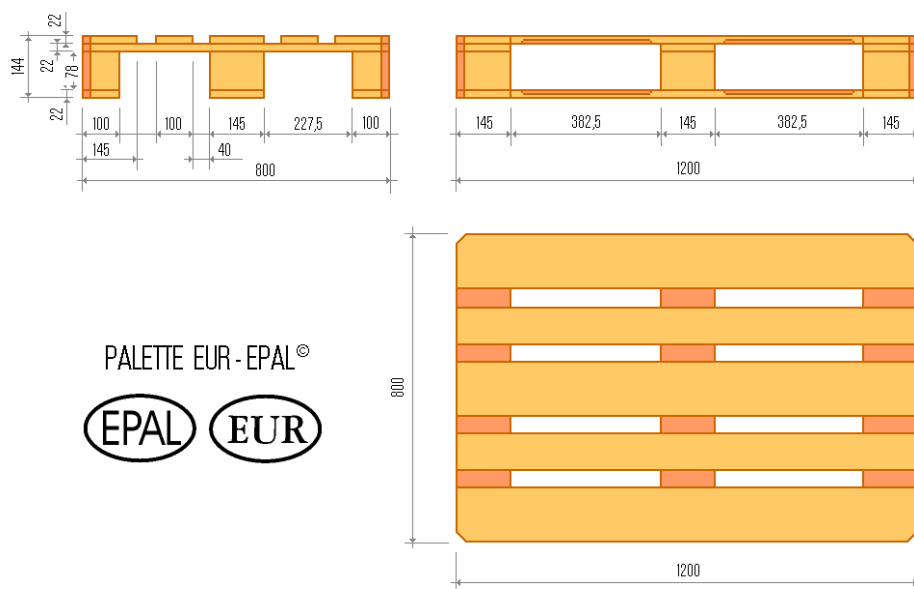
1.1.1 Euro palety

Jejich rozměry jsou navrženy pro maximální využití prostoru přepravních prostředků, které jsou tomuto rozměru uzpůsobeny. Normami jsou dále velmi podrobně definovány i další parametry, jako je počet a umístění hřebíků, typ konstrukce, nosnost apod. Euro palety (obr. č. 1) mohou vyrábět pouze certifikovaní výrobci - musí být označeny logem výrobce a značkou EUR.

Váha palety je cca 20–24 kg dle vlhkosti dřeva. Jednotlivé dřevěné díly palety jsou spojené 78 speciálními hřebíky. Výroba europalet je definována velmi podrobně - je definováno např. i umístění jednotlivých hřebíků.



Obr. č. 1-europaleta



Obr. č. 2-rozměry europalety

Základní rozměry:

Jmenovité rozměry (Obr. č. 2) palety EUR 1200×800×144 mm (délka × šířka × výška) vycházejí z mezinárodního modulu jednotky balení 400 mm x 600 mm. Přípustná tolerance je 800 + 3 mm a 1200 + 3 mm.

Stohovací nosnost:

Při stohování může být každá maximálně zatížená paleta ve spodní vrstvě ještě dodatečně zatížena břemenem (tj. loženými paletami) o maximální hmotnosti 4000 kg, pokud tato zátěž doléhá celou plochou opěrné podlahy na urovnaný, vodorovný a tuhý povrch břemena uloženého na paletě ve spodní vrstvě. [1]

1.1.2 Standardní palety

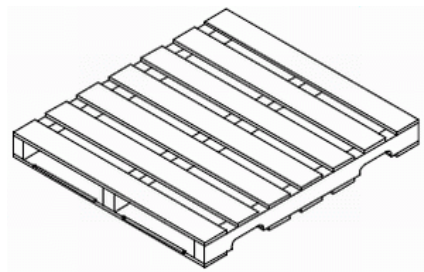
Označení standardní palety (obr. č. 3) se používá pro nejběžněji používaný rozměr palety 1200 x 800 mm. Na rozdíl od euro palet, jejichž výrobní parametry jsou podrobně specifikovány, mohou mít standardní palety různou výšku, nosnost i konstrukci. [1]



Obr. č. 3-standardní paleta

1.1.3 Atypické palety

Atypické, neboli nestandardní palety (obr. č. 4), svými parametry neodpovídají výrobnímu standardu. Používají se v případech, kdy jsou vyžadovány nestandardní rozměry, nosnost nebo konstrukce palety. [1]



Obr. č. 4-atypická paleta

1.2 Manipulace s paletami

1.2.1 Paletové vozíky

Paletový vozík (obr. č. 5) představuje vynikající nástroj pro převoz a manipulaci nákladu, palet nebo rozměrově standardních boxů. Díky nízké hmotnosti, hladkému pohybu a ovládání jsou ideálním pracovním nástrojem. Paletový vozík se skládá z jednoduché hydraulické jednotky, oje s pákou, táhlem a upevňovacím řetízkem, který ovládá hydraulickou jednotku. Nosné vidle, páky přenášející zvedací efekt. Paletové vozíky jsou standardně osazeny 2 ks. řídicích kol a pojezdových koleček, které mohou být jednotlivé nebo v provedení tandem. Provedení pojezdových koleček je různé. Záleží na povrchu pracovních komunikací. Standardní paletový vozík má nosnost 2000 kg. V některých případech tato nosnost nestačí a tak jsou i vozíky o nosnosti 2500 kg nebo 3000 kg. Pro manipulaci ve stísněných prostorech, je nejlepším řešením paletový vozík s kratšími vidlicemi. Naopak, jestliže se manipuluje s objemnějšími materiály, může se využít paletový vozík s vidlicemi až 2000 mm.



Obr. č. 5-paletové vozíky

1.2.2 Motorové vysokozdvizné vozíky

Je to mobilní stroj používaný nejčastěji v logistice, stavebnictví, lesnictví i jinde pro převážně vertikální manipulaci s materiálem. Příbuzné manipulační prostředky jsou ruční nebo elektricky poháněné nízkozdvižné vozíky nebo zařízení pro překládání kontejnerů.

Vysokozdvizný vozík je nejčastěji koncipován jako kolový. Nejnápadnější a nejdůležitější částí je u vysokozdvizných vozíků zdvihací jednotka složená ze zdvihacího rámu a nosiče vidlí. Nosič vidlí nese dva ocelové trny (ližiny) s nastavitelnou roztečí. Vidle (paletové vidle) jsou nejčastější výbavou, protože nejčastěji manipulovaným břemenem jsou různé typy palet.

Vysokozdvizný vozík (obr. č. 6) je ovládán řidičem, který na vozíku jede. Pohon vozíku je spalovacím nebo elektrickým motorem. Využívají se jak stejnosměrné motory, tak asynchronní s měničem. Elektrický motor může fungovat také jako motorová (elektrodynamická) brzda. Přenos síly od motoru na sklápění rámu, zdvihání břemene a někdy i řízení je hydraulický. Vysokozdvizné vozíky se otáčejí s velmi malým poloměrem. Zpravidla je prostor pro otočení o málo větší než délka vozíku. Řídící náprava je vždy zadní. Existují i tříkolové vozíky. U těch je samostatné kolo řídící a je vzadu. Nosnost vozíků je od stovek kilogramů až po několik tun. Výška zdvihu záleží na typu vozíku, nejběžnější je 3-6 metrů.



Obr. č. 6-vysokozdvizný vozík

1.2.3 Válečkový dopravník

Válečkový dopravník (obr. č. 7) palet je koncipován jako modulární systém sloužící k přepravě plných palet nebo prázdných palet bez nákladu. Palety se přepravují příčně ke směru pohybu. Dopravník je tvořen ocelovým rámem svařeným z profilů tvaru C a plechovými bočnicemi, které nesou válečky upevněné na hřídelích. Bočnice slouží na jedné straně zároveň jako kryt hnacího řetězu. Rám je opatřen stavitelnými nohama s výkyvnou antivibrační patkou. Válečky jsou vyrobeny z ocelových silnostěnných trubek. Na jejich konci je umístěno dvojité řetězové kolo, které spojuje řetězem dva sousedící válečky. Hnací váleček je řešen pevnou průchozí hřídelí uloženou v ložiskových domečcích na bočnicích dopravníku. Elektrická převodovka je instalována buď z boku přímo na hřídeli hnacího válečku, nebo je podvěšena pod dopravníkem a pohon je zajištěn přídatným řetězovým převodem. [2]



Obr. č. 7-válečkový dopravník

1.2.4 Řetězový dopravník

Řetězový dopravník (obr. č. 8) je určen pro přepravu palet podélně ke směru pohybu. Paleta je nesena třemi řetězy 16 B1, které nesou paletu pod jednotlivými nosnými hranoly. Řetěz je veden v podélném nosníku, který tvoří současně rám i vedení pro nosnou větev řetězu. Vratná větev prochází vnitřkem profilu, kde se posouvá po hranolu, který umožňuje posuv řetězu s minimálním odporem, neboť válečky se po hranolu snadno odvalují. [2]



Obr. č. 8-řetězový dopravník

1.3 Zásobníky (stohovače) palet

Zásobník (stohovač) palet slouží k automatickému stohování prázdných palet a to jak prostého stohování, tak i zámkování palet do sebe. Obvykle se řadí za linku opracování palet, případně hned za sbíjecí stroj na palety. Často se také používá ke stohování poškozených palet.

1.3.1 Zásobník s navíječícími bubny

Zásobník (obr. č. 9) se skládá z pevného rámu nesoucího vertikální vedení pro pojezd vozíku. Toto vedení tvoří čtyři tvarované kolejnice. V horní části rámu je v ložiskách uložena hřídel s dvojicí navíjecích bubnů.

Vozík je opatřen čepý osazenými válečky, které jej vodí po svislých kolejnicích rámu. Zavěšen je na pásy navíjených na bubny na hnací hřídeli. Druhý konec pásů je upevněn v držáku, který pásy dle potřeby zároveň napíná. Na čelní straně vozíku jsou upevněny vodící tyče, po nichž jsou pneumatickými válci posouvána nosná ramena s nastavitelnými patkami. Tato sestava zvedací vidlice provádí samotné stohování, její zdvih je zajišťován převodovým brzdovým motorem. Celý pohybový mechanismus je chráněn ocelovým krytem. [3]

Technické parametry:

Použití:	Všechny běžné typy palet
Kapacita:	15 ks palet
Hmotnost:	1.100 kg
Příkon:	3,5 kW

Tab. 2- parametry zásobníku



Obr. č. 9-stohovač s navíječícími bubny

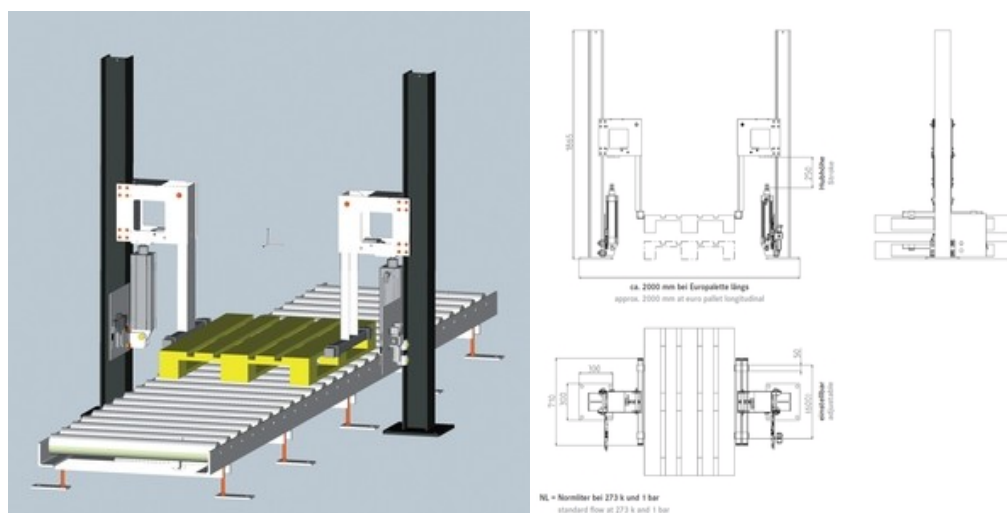
1.3.2 Pneumatický zásobník palet PSS 15 P

Tento zásobník (obr. č. 10) je vhodný pro manuální i plně automatizovaný provoz s pojezdnou dráhou. Jeho výhodou je značná úspora času a bezpečné zacházení. Tento zásobník pracuje tak, že nadzvedne prázdnou paletu do výšky 250 mm a na válečkovém dopravníku se pod tuto nadzvednutou paletu dopraví do požadovaného místa prázdná paleta, na kterou se spustí paleta, která je v prostoru nad ní. Tento proces se opakuje, dokud není naskládáno 15 palet na sebe. Tento stoh palet potom dále pokračuje na válečkovém dopravníku do místa, kde se palety skladují. Zvedání a spouštění palet umožňují dva pneumatické válce, které jsou pevně připevněny na stojanech. [4]

Technické parametry:

Použití:	Europalety, Atypické palety: 1.000 x 1.200 mm
Kapacita:	15 ks palet
Nosnost:	450 kg
Pohon:	zásobování stlačeným vzduchem: cca. 600 NL / min. při 6-8 bar

Tab. 3- parametry pneumatického zásobníku



Obr. č. 10-stohovač PSS15P

1.3.3 Zásobník prázdných palet s pojezdovým vozíkem

Zařízení (obr. č. 11) se skládá z pevného rámu nesoucího vertikální vedení pro pojezd vozíku. Vozík je zavěšen na pásech navíjených na bubny připevněné k hnací hřídeli v horní části rámu. Pohon je uložen přímo na hřídeli a je pojištěn záchytem krouticího momentu proti pootočení. Na čelní straně vozíku jsou upevněny vodící tyče, po nichž jsou pneumatickými válci posouvána nosná ramena s nastavitelnými patkami. Tato sestava zvedací vidlice provádí samotné stohování, její zdvih je zajišťován převodovým brzdovým motorem. Celý pohybový mechanismus je chráněn ocelovým krytem. Standardně jsou použity převodovky SEW Eurodrive. [5]

Výhody:

- plně automatický provoz
- robustní konstrukce
- jednoduchá údržba

Použití:	Europalety 1200 x 800 mm, Chep palety, půlpalety 800 x 600 mm (Düsseldorf).
Kapacita:	až 15 ks palet (max. 500 kg)
Hmotnost zařízení:	1.100 kg
Příkon:	3,5 kW
Stlačený vzduch:	0,5 MPa

Tab. 4 – parametry zásobníku



Obr. č. 11-stohovač s pojezdovým vozíkem

1.3.4 Stohovací zařízení na palety SMPS

SMPS (obr. č. 12) stohuje palety o rozměrech min. šířka od 600 mm do max. šířka 1000 mm a min. délka 700 mm do max. délka 1 500 mm. Zařízení se skládá ze 4 pracovních jednotek v automatickém režimu spouštění dopravníků. V prvním kroku dochází k otočení palety o 90° a následnému převrácení palety o 180°. Funkce převrácení každé druhé palety o 180° umožňuje stohování palet zámkováním do sebe. Při prostém stohování prochází paleta do stohovače bez převrácení. Ve stohovači se provádí stohování palet dle potřebného počtu, který obsluha zadá na terminálu. Po dokončení stohování zadaného počtu palet stoh vyjíždí na výstupní dopravník. Maximální možný počet stohů na výstupním dopravníku určuje délka dopravníku. Po naplnění kapacity výstupního dopravníku je obsluha upozorněna akustickou sirénou. Jednotlivé motory dopravníků a agregátu zdvihu se spouští automaticky při průchodu palety, po dokončení práce se vypínají až do příchodu další.

Kapacita stroje:

Celková kapacita stroje je cca 700 palet za směnu (7 hodin)

Celkový příkon motorů je cca 10 kW.

Obvyklé umístění stroje je částečně v hale (otáčení a zámkování) a samotný stohovač s vyvážecím pásem vedle výrobní haly pod přístřeškem. Linka stohování nevyžaduje speciální podmínky pro instalaci, stačí rovná betonová podlaha a délka přístřešku dle délky výstupního pásu, výška přístřešku dle požadavků na výšku stohů.
[6]



Obr. č. 12-stohovač SMPS

1.3.5 Robotický ukladač

Manipulátor (obr. č. 13) je tvořen robotem, který pomocí svého speciálního uchopovacího zařízení na konci ramene, bere palety z dopravníku a přemísťuje je na místo předem určené pro další manipulaci. Robot je řízen programem, který je napojen na různá čidla, které mu pomáhají paletu uchopit správnou silou a na správném místě tak, aby se paleta dala bezpečně přesunout na správné místo.

Konstrukce:

Základ systému tvoří průmyslový robot nesoucí speciální uchopovací hlavu s přídržnými háky. Pomocí těchto háků může robot kromě samotného paletování zboží také odebírat prázdnou paletu ze zásobníku a přemísťovat ji na ukládací místo. Podle druhu manipulovaného zboží je hlava vybavena buď svíracím mechanismem (na balení PET lahví, apod.) nebo přísavkami (na uzavřené kartony). V případě potřeby může hlava pomocí těchto přísavek přenášet i proložky. Přísun zboží obstarává vstupní dopravník a řadicí stůl. Celý komplet je řízen programovatelným automatem SIEMENS. Veškeré provozní stavy jsou zobrazovány na přehledném ovládacím panelu. Zařízení je z bezpečnostních důvodů oploceno a vstupy vybaveny snímači. [7]



Obr. č. 13-robotický stohovač

Použití:	Europalety 1200 x 800 mm, Chep palety, půlpalety 800 x 600 mm
Rozměry agregátu:	dle konkrétního typu robota
Celková hmotnost:	dle konkrétního typu robota (zpravidla kolem 1.500 kg)
Příkon:	2,5 kW
Tlakový vzduch:	0,6 MPa (Spotřeba vzduchu 420 l/hod)

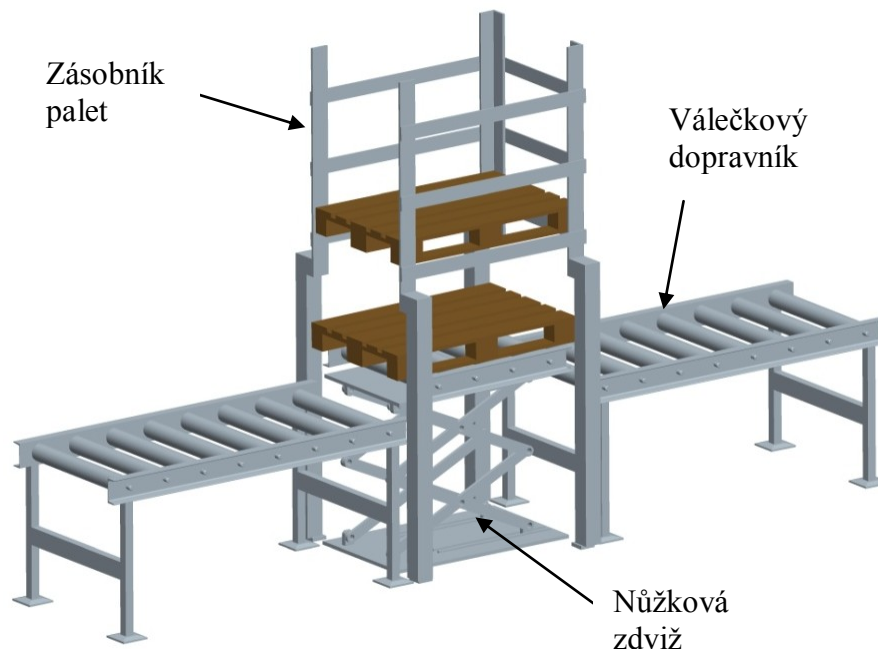
Tab. 5 – parametry zásobníku

2 Požadavkový list:

- Skladování europalet o rozměrech: 1200 x 800 x 144 (délka × šířka × výška) mm
- Palety skladovat na sebe do maximální výšky 1600 mm (bez zámkování)
- Doprava palet na válečkovém dopravníku
- Výška válečkového dopravníku: 280 mm
- Rychlost dopravníku: 0,3 m/s
- Typ pohonu: elektrický nebo pneumatický
- Pneumatické písty poháněné tlakem 0,6 MPa
- Minimální nosnost stroje 300 Kg

3 Varianty řešení stohovače palet

3.1 Varianta 1 - Stohovač s nůžkovou zdviží



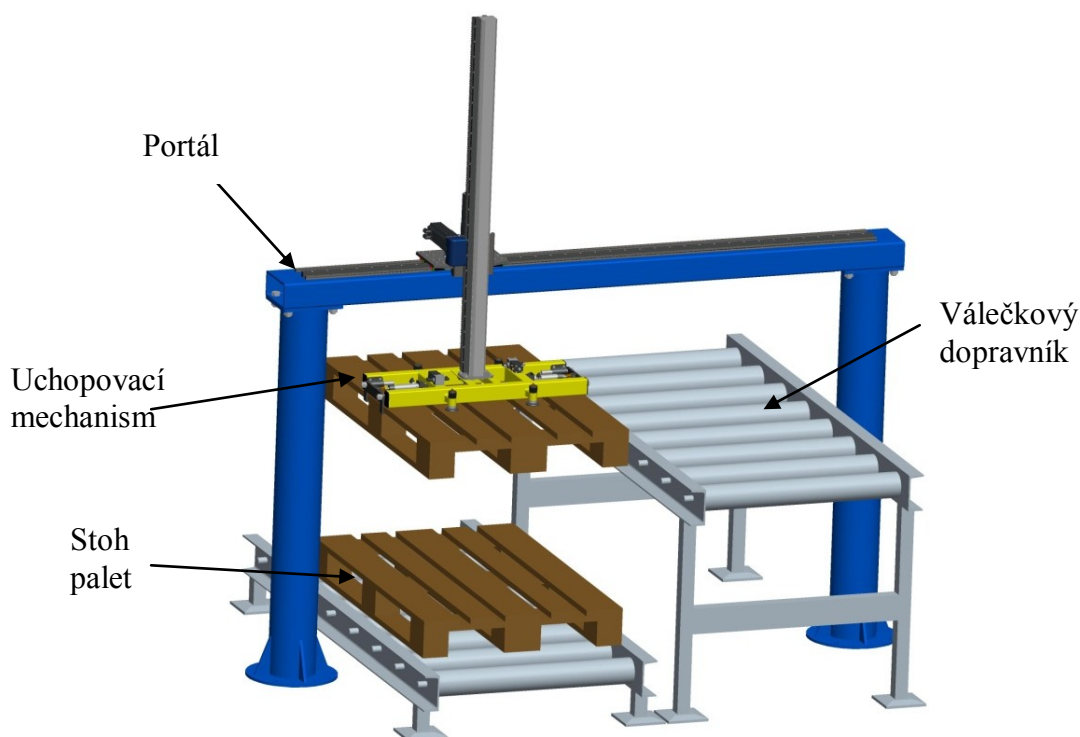
Obr. č. 14-stohovač s nůžkovou zdviží

Paleta je přisunutá na válečkovém dopravníku až do místa, kde je nůžková zdviž (Obr. č. 14), jejíž zvedání a spouštění je ovládáno pomocí pneumatického válce. Přesná poloha, ve které se paleta zastaví, se zajistí pomocí čidel. Potom se pomocí nůžkové zdviže zvedne nahoru do zásobníku palet, kde se palety směrem od spodu na sebe vrství. Aby palety nespadly dolů, jsou v zásobníku zabudované mechanické západky. Po dosažení požadovaného počtu palet v zásobníku zdviž nadzvedne stoh a pomocí mechanismu se automaticky západky uvolní. Poté se celý stoh spustí do výšky dopravníku a putuje dál.

Výhody:	Stabilita stohu palet
Nevýhody:	Velká výška stohovače
	Složitá konstrukce zásobníku palet
	Zásobník pouze na jeden typ palet

Tab. 6 – hodnocení varianty 1

3.2 Varianta 2 - Stohovač s uchopovacím zařízením jezdící na portálu



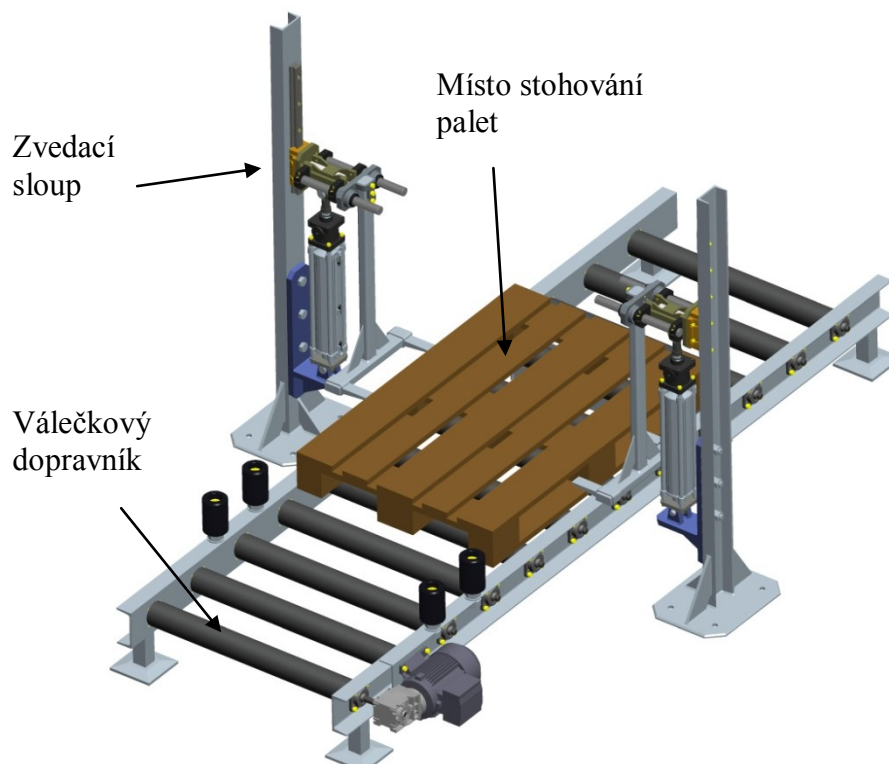
Obr. č. 15-stohovač s efektozem

Na válečkovém dopravníku je dopravena europaleta, která se na konci dopravníku zastaví o doraz, kde je čidlo, které při sepnutí zastaví válečkový dopravník, europaleta je přitlačena k jedné straně dopravníku, aby byla zajištěna její koncová poloha pro uchopovací zařízení. To dostane signál, že je paleta na místě a je připravena k přesunu. Při tom sjede uchopovací zařízení až k paletě, kde koncový spínač sepne při styku s paletou a uchopovací mechanismus ji sevře do čelistí. Tak je paleta pevně uchycena a manipulátor ji může přemístit na paletový stoh na nižším válečkovém dopravníku (Obr. č. 15), na kterém se palety skladují do určité výšky. Potom paletový stoh odjíždí po dopravníku a cyklus probíhá dál.

Výhody:	Bezpečná manipulace s paletou
	Možnost stohovat různé typy palet
Nevýhody:	Velké rozměry stohovače
	V místě stohování potřeba 2 dopravníky vedle sebe
	Složitá dráha manipulátoru při skladování palet na sebe

Tab. 7 – hodnocení varianty 2

3.3 Varianta 3 - Stohovač s využitím pneumatických válců



Obr. č. 16-stohovač využívající pneumatické válce

Paleta je dopravena pomocí válečkového dopravníku do požadovaného místa, tam dojde k uchycení palety a nadzvednutí (obr. č. 16). Potom pod ní přijede prázdná paleta, na kterou se spustí nadzvednutá paleta. A nadzvedne se paleta, která je úplně dole. Tento proces se opakuje, dokud se nedosáhne požadované výšky stohu palet.

Zboku dopravníku jsou 2 zvedací sloupy, na kterých jsou pneumatické válce. Velké pneumatické válce zajišťují zdvih palety. Při maximálním nadzvednutí je mezera mezi paletami přibližně 15 centimetrů. K velkému pneu válci, je pomocí čepu připojené vysouvací zařízení. Základem tohoto zařízení je menší pneu válec, který vysunuje a zasunuje uchopovací vidlici.

Výhody:	Malé rozměry stohovače
	Možnost stohovat různé typy palet
	Snadná konstrukce
Nevýhody:	Nutná synchronizace obou sloupů
	Menší stabilita stohu

Tab. 8 – hodnocení varianty 3

4 Hodnotová analýza

Hodnotová analýza je postup, díky kterému vybereme optimální variantu. K jejímu provedení je třeba si zvolit kritéria a k nim přiřadit číselnou hodnotu podle bodové stupnice hodnocení.

4.1 Hodnocená kritéria

Označení kritéria	Název kritéria	Popis kritéria
1	Cena	Odhadovaná cena zařízení
2	Konstrukce	Složitost smontovatelnosti a použitých součástí
3	Rozměry	Minimalizace rozměrů
4	Hmotnost	Minimalizace hmotnosti

Tab. 9 – hodnocená kritéria

4.2 Stupnice hodnocení

Vysoká úroveň	6
Dobrá úroveň	5
Průměrná úroveň	4
Nízká úroveň	3
Nevyhovující úroveň	2
Nepříznivý stav	1

Tab. 10 - stupnice hodnocení

4.3 Přiřazení číselných hodnot ke kritériím u jednotlivých variant

	Kritérium 1	Kritérium 2	Kritérium 3	Kritérium 4
Varianta 1	4	3	3	4
Varianta 2	4	4	2	3
Varianta 3	5	4	5	4

Tab. 11 – hodnocení variant

4.4 Určení významnosti kritérií

Pomocí metody porovnávání párů určíme váhy významnosti jednotlivých kritérií. Pomocí těchto vah významnosti a počtů bodů přiřazeným jednotlivým variantám můžeme spočítat konečný počet bodů jednotlivých variant a tím zjistit, která je optimální (Optimální varianta získá nejvyšší počet bodů.).

Trojúhelníková metoda porovnávání páru					
Porovnané páry kritérií			Počet voleb	Pořadí	Váha významnosti
K1 K2	K1 K3	K1 K4	1,5	2.	1,375
	K2 K3	K2 K4	2,5	1.	1,625
		K3 K4	1,5	3.	1,375
			0,5	4.	1,125

Tab. 12 - významnost kritérií

4.5 Výpočet celkových indexů variant a výběr optimální varianty

Po přidělení bodů jednotlivým variantám, byly tyto body vynásobeny vahou významnosti a byl proveden celkový součet vážených indexů, který určil optimální variantu.

Porovnání variant							
Kriteriu m	Váha významnosti	Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3	
		b	Vážený index	b	Vážený index	b	Vážený index
K1	1,375	4	5,5	4	5,5	5	6,875
K2	1,625	3	4,875	4	6,5	4	6,5
K3	1,375	3	4,125	2	2,75	5	6,875
K4	1,125	4	4,5	3	3,375	4	4,5
Celkový součet vážených indexů		19		18,125		<u>24,75</u>	

Tab. 13 – určení vhodné varianty

4.6 Tabulka shrnutých výsledků

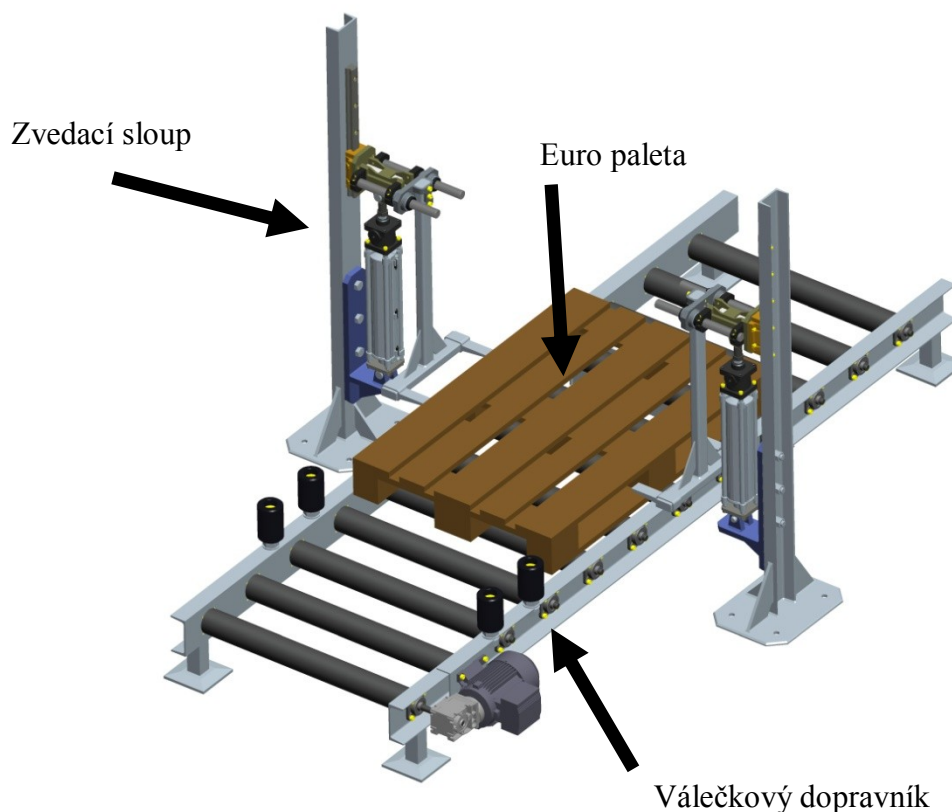
Varianta	Vypočtená hodnota	Pořadí
Varianta 1	19	2.
Varianta 2	18,125	3.
Varianta 3	<u>24,75</u>	1.

Tab. 14- seřazení variant

Podle hodnotové analýzy je nejvhodnější poslední varianta.

5 Podrobný popis optimální varianty

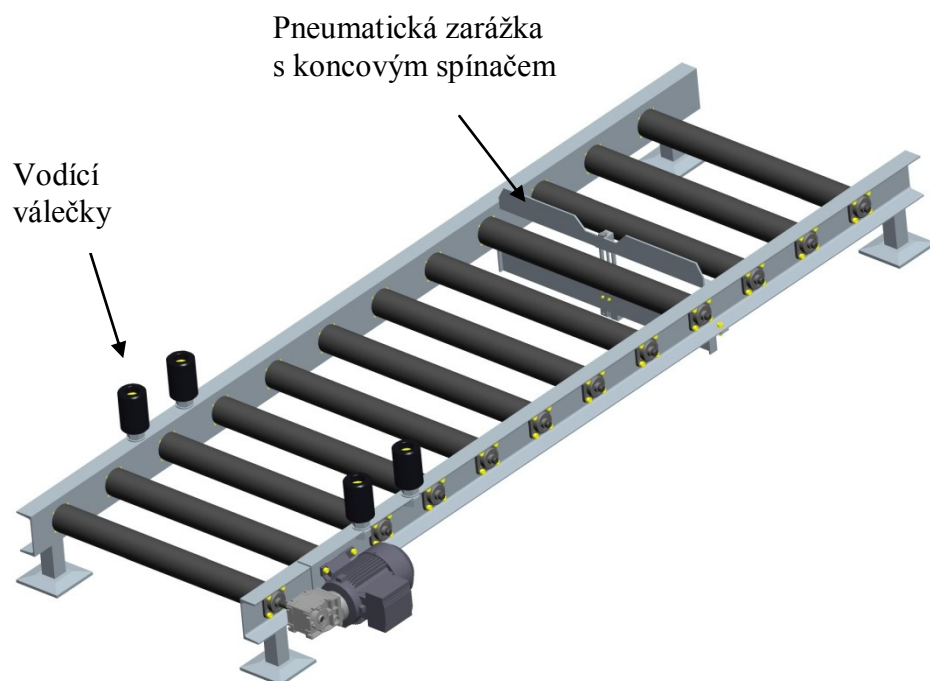
5.1 Základní princip



Obr. č. 17-princip stohování

Na válečkovém dopravníku přijede europaleta, která se zastaví o pneumatickou zarážku, na které je koncový spínač. Po obou stranách válečkového dopravníku jsou zvedací sloupy, které zajišťují manipulaci s paletami. Tyto sloupy jsou zakotvené do země pomocí čtyř kotvících šroubů. Každý sloup obsahuje zařízení pro bezpečnou manipulaci. Na zvedacím sloupu je umístěná vidlice, pomocí které se uchopí paleta za prostřední příčku. Dojde k nadzvednutí palety. Jakmile je paleta nadzvednutá, koncový spínač sepne dopravník a přijede další paleta, která se zastaví pod tou nadzvednutou. Nadzvednutá paleta se spustí na tu, která přijela a pomocí vidlice se uchopí a zvedne paleta, která je úplně dole. Tento cyklus se opakuje, dokud se palety nenahromadí do požadované výšky. Potom celý stoh palet pokračuje po dopravníku dál.

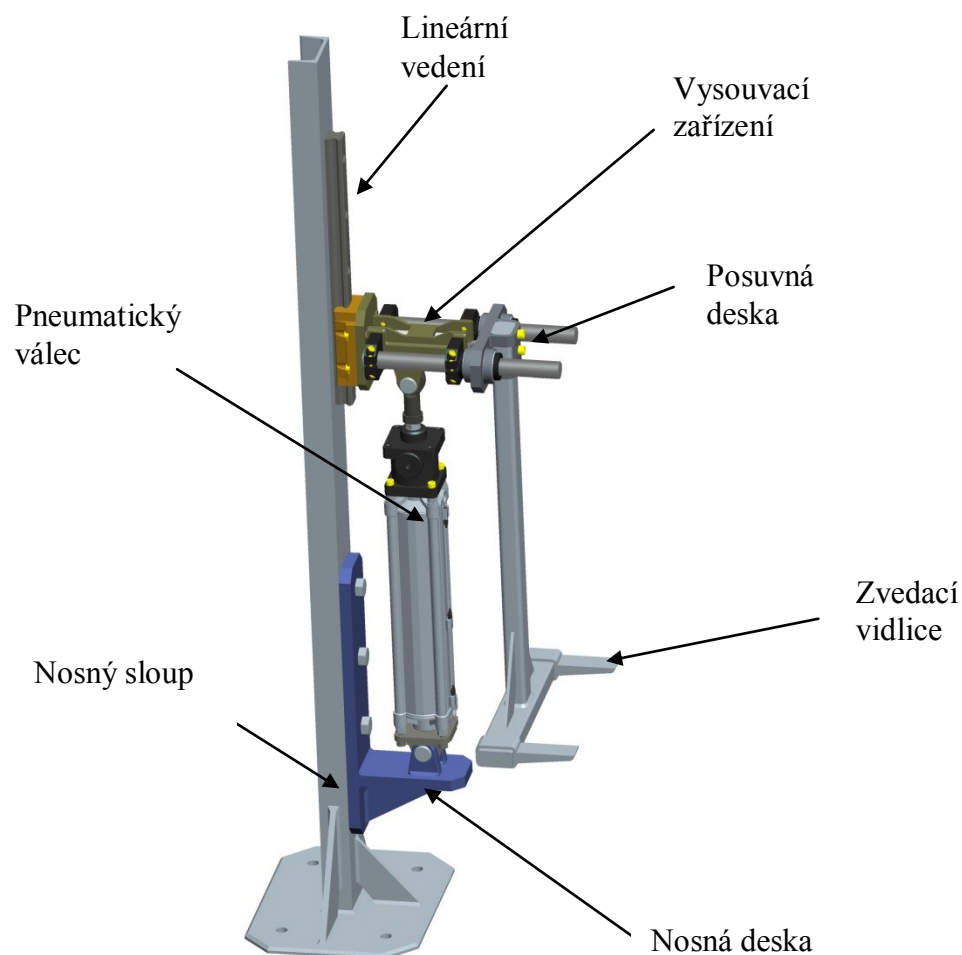
5.2 Válečkový dopravník



Obr. č. 18-válečkový dopravník

Byl navržen válečkový dopravník (obr. č. 18), který je určen pouze pro dopravu europalet. Na tento dopravník bylo namontováno přídavné zařízení, aby se dosáhlo dostatečného ustavení europalet. Mezi toto zařízení patří vodící válečky, které jsou k rámu dopravníku uchyceny pomocí šroubu a matic. Tyto válečky jsou přesně ustaveny a jejich pogumovaný povrch umožňuje redukovat výrobní nepřesnosti europalet, které mohou být maximálně 3 mm. Tyto válečky slouží k ustavení palety přesně na střed dopravníku. Dalším zařízením je pneumatická zarážka s koncovým spínačem. Jakmile k ní přijede paleta, tak sepne spínač, který vypne válečkový dopravník a zabrání se aby do sebe palety nenarazily. Jakmile se paleta nadzvedne, tak spínač spustí dopravník. Až se dosáhne požadované výšky stohu palet, tak se zarážka automaticky zasune pod výšku válečku a stoh palet pokračuje v cestě po válečkovém dopravníku.

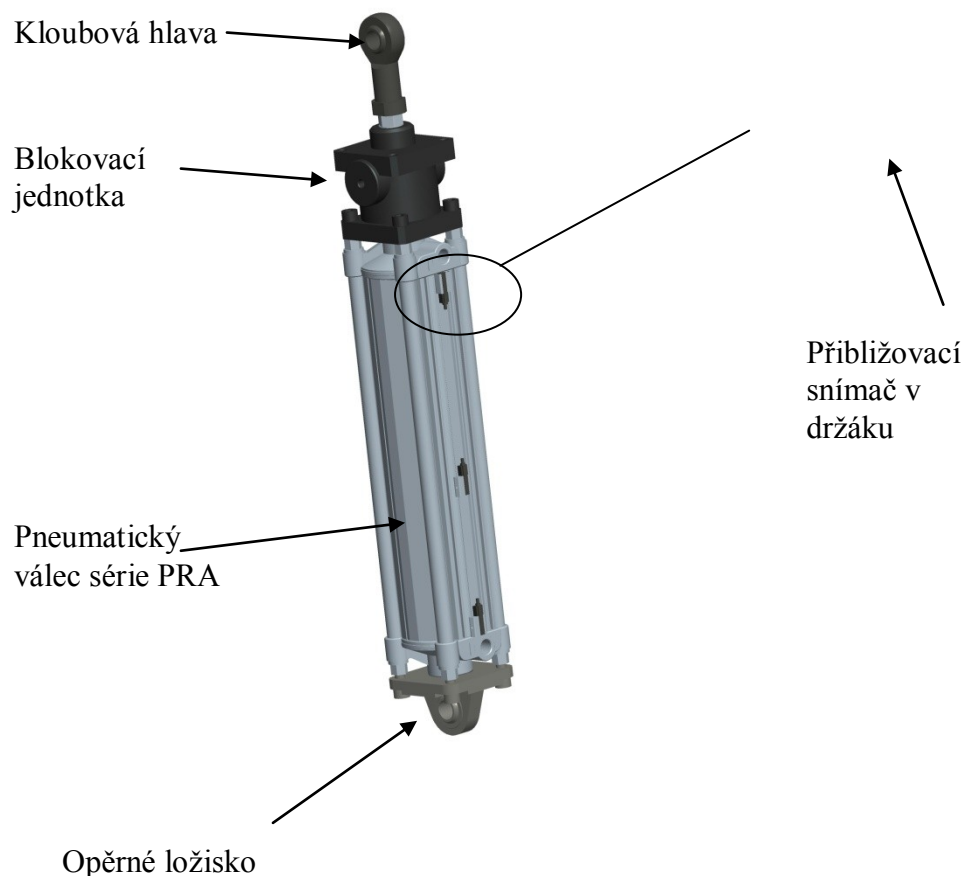
5.3 Funkce zvedacího sloupu



Obr. č. 19-zvedací sloup

Základem zvedacího sloupu (obr. č. 19) je nosný sloup, který je tvořen z U profilu a v jeho dolní části je přivařená deska, ve které jsou otvory pro kotvicí šrouby. Na tento nosný sloup je pomocí šroubu připevněna nosná deska a lineární vedení. Nosná deska slouží k uchycení pneumatického válce, který pohybuje s vysouvacím zařízením nahoru a dolů. Pomocí vysouvacího zařízení se pohybuje posuvná deska, která je uložena na dvou vodících tyčích. Do posuvné desky je zasunutá a připevněná zvedací vidlice, která slouží k vlastní manipulaci s paletami.

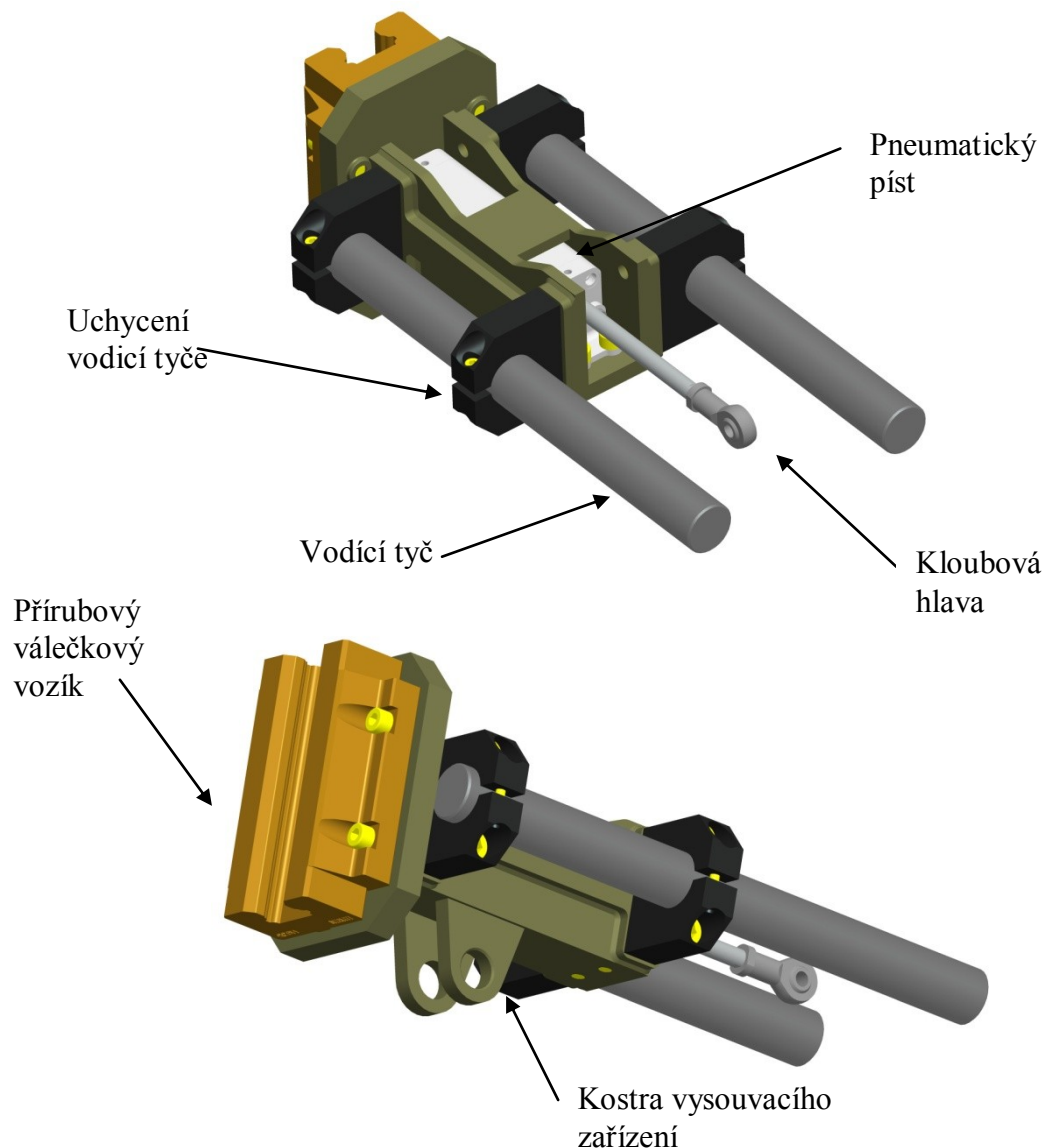
5.3.1 Pneumatický válec a jeho příslušenství



Obr. č. 20-pneumatický válec

Ze spodu na pneumatickém válci (obr. č. 20) je přišroubováno opěrné ložisko, které slouží k samotnému uchycení pneumatického válce k nosné desce pomocí čepu. Nad pneumatickým válcem je blokovací jednotka. Touto jednotkou prochází vzduch, a kdyby došlo k poklesu tlaku v přívodu vzduchu, třeba někde praskla hadice nebo by výpadek elektrického proudu způsobil vypnutí kompresoru, tak tato blokovací jednotka se zabrzdí a udrží břemeno ve stálé poloze. Takže nemůže dojít k pádu palet z výšky při nějaké poruše. Nahoře na pístnici je kloubová hlava, která slouží k připojení vysouvacího zařízení. Na plášti válce jsou pomocí držáku umístěné tři přibližovací čidla, která snímají polohu válce. Díky nim se zajistí, aby píst zastavil v požadované poloze. [13]

5.3.2 Vysouvací zařízení

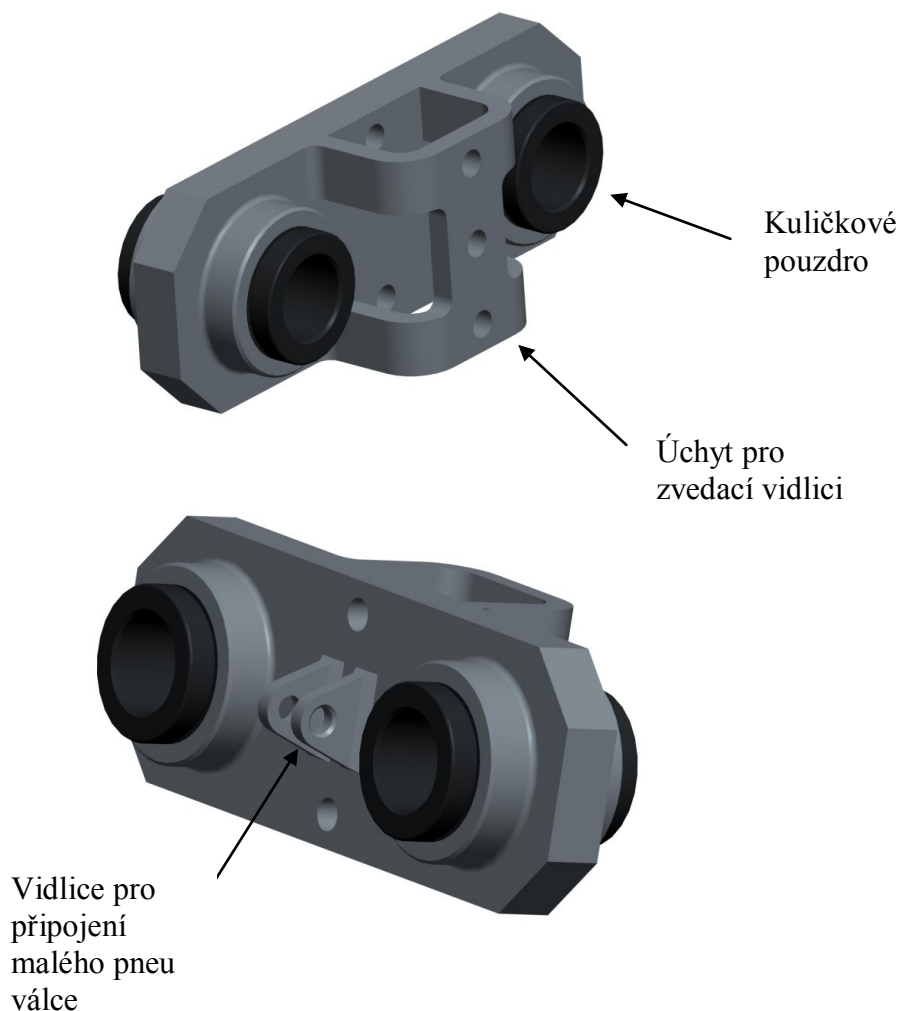


Obr. č. 21-vysouvací zařízení

Kostra vysouvacího zařízení (obr. č. 21) je svařenec a asi výrobně nejsložitější součást s celého zvedacího sloupu. Ze zadu je pomocí čtyř šroubu připevněn přírubový válečkový vozík, který jezdí v lineárním vedení. Ze spodu na kostře jsou navařeny vidlice, do kterých se pomocí čepu připojí velký pneumatický válec. Uvnitř kostry je zapuštěný malý pneu válec, který zajišťuje vysouvání a zasouvání posuvné desky, která je připojena pomocí kloubové hlavy. Tento pneu válec je v kostře připevněn pomocí patkového upevnění. Z boku kostry jsou úchyty, ve kterých jsou připevněny

vodicí tyče, po kterých se bude pohybovat posuvná deska. Tyto tyče jsou namáhaný na velký ohyb.

5.3.3 Posuvná deska



Obr. č. 22-posuvná deska

Posuvná deska (obr. č. 22) je svařenec, který se skládá z ploché tyče, která je tvarově obrobena. Dále dvou trubek, vidlice a zepředu plechu (úchyt pro zvedací vidlici), který je vypálen a ohnut do požadované polohy. Do trubek jsou vloženy kuličkové pouzdra, které jsou z obou stran zajištěny pojistnými kroužky. Tyto pouzdra pojíždí po vodicích tyčích a díky malému tření snižují potřebnou sílu, kterou musí vyvodit malý pneumatický válec. Ten je zezadu připojen pomocí vidlice a čepu. Zepředu je navařen úchyt pro zvedací vidlici, do tohoto úchytu se vidlice zasune a pomocí třech šroubů upevní.

6 VÝPOČTY

6.1 Výpočet válečkového dopravníku:

Zadáno:

Průměr válečku: $d_v = 87 \text{ mm} \rightarrow R_v = 43,5 \text{ mm}$

Průměr hřídele: $d_h = 20 \text{ mm}$

Tloušťka stěny: $s_v = 6 \text{ mm}$

Nosnost válečku: $m_v = 130 \text{ kg}$

Řetěz: 10B

Počet zubů: $z_v = 2 \times 13$

Délka modulu: $l_m = 3 \text{ m}$

6.1.1 Počet palet na modulu:

Délka palety: $x_p = 1,2 \text{ m}$

Vzdálenost mezi paletami: $x_m = 0,2 \text{ m}$

$$n_m = \frac{l_m}{x_p + x_m} = \frac{3}{1,2 + 0,2} = 2,14 \quad (1)$$

Modul bude navržen, aby unesl 2 stohy palet, i když je velice pravděpodobné, že se na něm bude nacházet pouze 1.

6.1.2 Minimální počet válečků pod objektem:

Hmotnost stohu palet: $m_p = 300 \text{ kg}$

Nosnost válečku: $m_v = 130 \text{ kg}$

$$k_1 = \frac{m_p}{m_v} = \frac{300}{130} = 2,3 \approx 3 \quad (2)$$

Minimální počet válečku pod paletou je 3 ale kvůli bezpečnosti volím válečku $k_1 = 5$.

6.1.3 Rozteč mezi válečkami:

Délka palety: $x_p = 1,2 \text{ m}$

Počet válečků pod paletou: $k_1 = 5$

$$t = \frac{x_p}{k_1} = \frac{1200}{5} = 240 \text{ mm} \quad (3)$$

6.1.4 Hmotnost předmětu na jeden váleček:

Hmotnost stohu palet: $m_p = 300 \text{ kg}$

Počet válečků pod paletou: $k_1 = 5$

$$q = \frac{m_p}{k_1} = \frac{300}{5} = 60 \text{ kg} \quad (4)$$

6.1.5 Počet válečků na celém modulu:

Délka modulu: $l_m = 3 \text{ m}$

Rozteč mezi válečky: $t = 0,24 \text{ m}$

$$z = \frac{l_m}{t} = \frac{3}{0,24} = 12,5 \approx 12 \text{ válečků} \quad (5)$$

6.1.6 Potřebný výkon:

Počet předmětu na modulu: $n_m = 2$

Hmotnost přepravovaného předmětu: $m_p = 300 \text{ kg}$

Sklon trati: $\beta = 0$

Součinitel valivého tření: $e = 0,006$

Součinitel čepového tření: $f = 0,06$

Průměr čepu: $r = 0,02 \text{ m}$

Poloměr válečku: $R_v = 0,0435 \text{ m}$

Rotující hmotnost válečků: $m_v = 16 \text{ kg}$

Počet válečků: $z=12$

Dopravní rychlost: $v=0,3 \text{ m/s}$

Účinnost převodu: $\eta_1=0,85$

Smykové tření mezi válečkem a paletou: $\mu=0,2$

$$P = \left\{ n_m \cdot m_p \cdot g \cdot \left[\sin \beta + \cos \beta \cdot \left(\frac{e + f \cdot r}{R_v} + 0,005 \right) \right] + m_v \cdot g \cdot \frac{f \cdot r}{R_v} \cdot z \right\} \cdot \frac{v}{1000 \cdot \eta_1} =$$

$$\left\{ 2 \cdot 300 \cdot 9,81 \cdot \left[\sin 0 + \cos 0 \cdot \left(\frac{0,006 + 0,06 \cdot 0,02}{0,0435} + 0,005 \right) \right] + 16 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,06 \cdot 0,02}{0,0435} \cdot 12 \right\} \cdot \frac{0,3}{1000 \cdot 0,85} = 0,37 \text{ kW}$$

(6)

Potřebný dodatekový výkon:

$$P_1 = m_p \cdot g \cdot \mu \cdot \cos \beta \cdot \frac{v}{1000 \cdot \eta_1} = 300 \cdot 9,81 \cdot 0,2 \cdot \cos 0 \cdot \frac{0,3}{1000 \cdot 0,85} = 0,2 \text{ kW}$$

(7)

Celkový potřebný výkon:

$$P_c = P + P_1 = 0,37 + 0,2 = 0,57 \text{ kW} \quad (8)$$

Byl zvolen motor o výkonu 0,75 kW

6.1.7 Síla vyvolaná jednou paletou na zarážku:

Hmotnost palety: $m_1=24 \text{ kg}$

Součinitel tření mezi paletou a válečkem: $\mu=0,2$

Sklon trati: $\beta=0^\circ$

$$F_z = m_1 \cdot g \cdot (\mu \cdot \cos \beta + \sin \beta) = 24 \cdot 9,81 \cdot (0,2 \cdot \cos 0 + \sin 0) = 47 \text{ N}$$

(9)

6.2 Výpočet zátěže

6.2.1 Počet palet



Obr. č. 23- europaleta

Výška palety: $H=144 \text{ mm}$

Stohovaná výška palet: $L=1600 \text{ mm}$

$$n = \frac{L}{H} = \frac{1600}{144} = 11,1 \approx 11 \text{ palet} \quad (10)$$

6.2.2 Hmotnost stohu palet

Hmotnost jedné palety: $m_1=24 \text{ kg}$

$$m = m_1 \cdot n = 24 \cdot 11 = 264 \text{ kg} \quad (11)$$

6.2.3 Síla působící na jeden zvedák

Bezpečnost: $k=2$

Gravitační zrychlení: $g=9,81$

$$F = \frac{m \cdot g \cdot k}{2} = \frac{264 \cdot 9,81 \cdot 2}{2} = 2589,8 \text{ N} \approx 2600 \text{ N} \quad (12)$$

6.3 Výpočet pneumatického válce

V tomto výpočtu beru v potaz hlavně hmotnost stohu palet, hmotnost zbytku součástí, kterými je potřeba hýbat je vyjádřen koeficientem k_m .

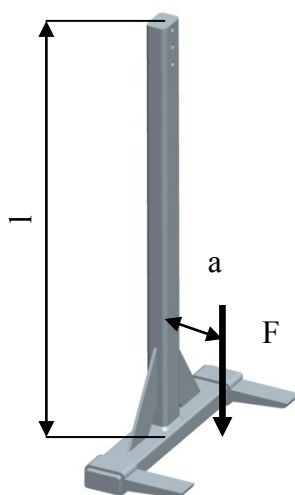
Tlak stlačeného vzduchu: $p=0,6 \text{ MPa}$

Hmotnostní koeficient: $k_m=1,1$

$$p = \frac{F \cdot k_m}{S} = \frac{F \cdot k_m}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot F \cdot k_m}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2600 \cdot 1,1}{\pi \cdot 0,6}} = 77,9 \text{ mm} \quad (13)$$

Volím píst $\varnothing 80-250$ od firmy BOSH

6.4 Kontrola vidlice



Obr. č. 24-síla působící na vidlici

Délka vidlice: $l=700 \text{ mm}$

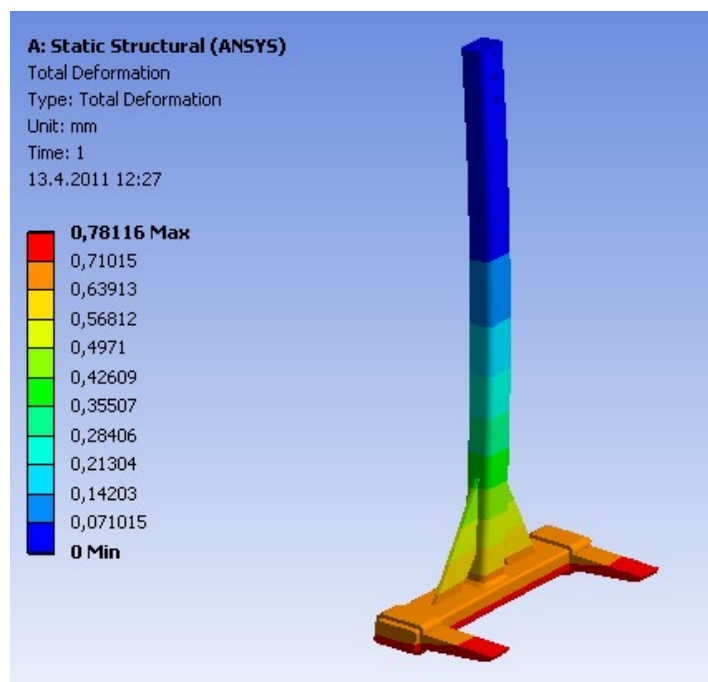
Zátěž na jednu vidlici: $F=2600 \text{ N}$

Rameno působíště síly: $a= 100 \text{ mm}$

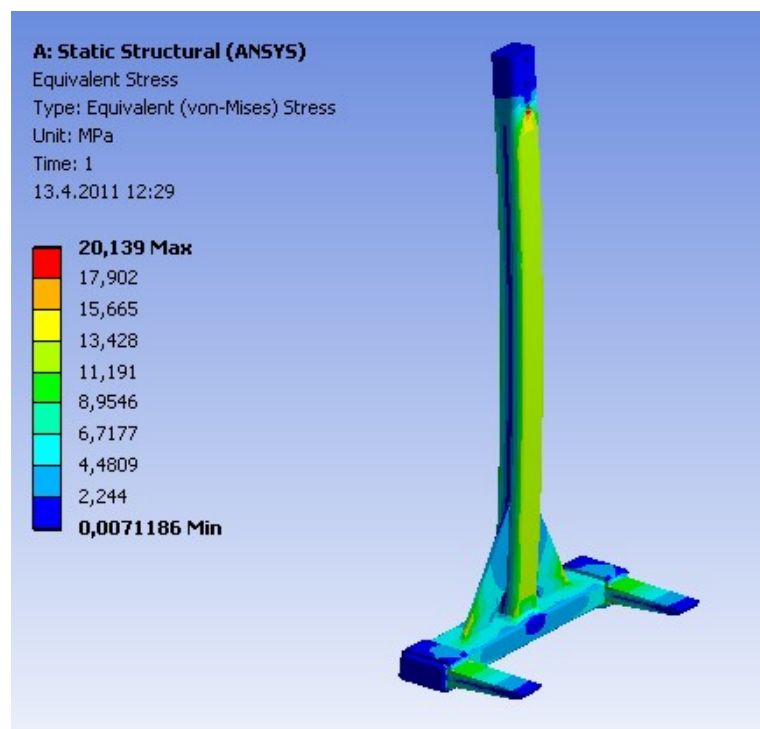
Materiál vidlice: 12021

Ohyb vidlice:

$$M_o = F \cdot a = 2600 \cdot 0,1 = 260 \text{ Nm} \quad (14)$$



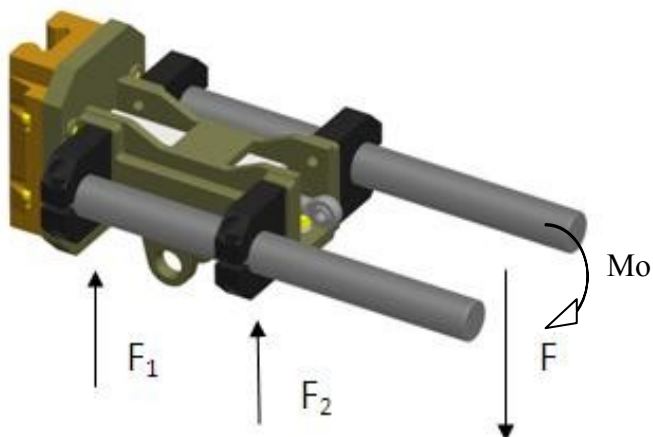
Obr. č. 25-deformace vidlice



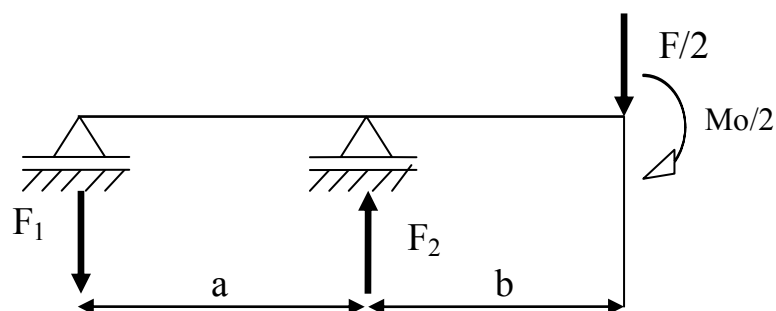
Obr. č. 26-napětí na vidlici

Kontrola vidlice byla provedena v programu ANSYS . Z obrázku č.25 lze vyčíst, že maximální ohyb vidlice je 0,7 mm. Vzhledem k jejím rozměrům a bezpečnosti je tento ohyb ještě přijatelný. Z obrázku č.26 lze vidět průběh napětí na vidlici. Maximální napětí dosahuje 20,13 MPa, takže nehrozí jakékoliv trvalé deformace.

6.5 Kontrola vodících tyčí:



Obr. č. 27-zatížení vodících tyčí



Obr. č. 28-znázornění sil

Na vodící tyče působí ohybový moment, který přenáší vidlice. A je způsoben hmotností stohu palet. Dále tam působí tíha samotné vidlice. Protože se síly rovnoměrně rozdělí mezi 2 vodící tyče, tak je jedna tyč namáhána poloviční zátěží (obr. č. 28).

Síla od hmotnosti vidlice:	$F=125 \text{ N}$
Vzdálenost mezi úchyty tyče:	$a=140 \text{ mm}$
Maximální vzdálenost vidlice:	$b=150 \text{ mm}$
Průměr vodící tyče:	$\varnothing d=30 \text{ mm}$
Materiál vodící tyče:	12060
Moment od stohu palet:	$M_o = 260 \text{ Nm}$
Dovolené napětí v ohybu:	$\sigma_{OD}=100 \text{ MPa}$

Výpočet reakcí:

$$F_1 - F_2 + \frac{F}{2} = 0$$

$$F_2 \cdot a - \frac{F}{2} \cdot (a + b) - \frac{M_o}{2} = 0 \Rightarrow$$

$$F_2 = \frac{\frac{F}{2} \cdot (a + b) + \frac{M_o}{2}}{a} = \frac{\frac{125}{2} \cdot (140 + 150) + \frac{260000}{2}}{140} = 1058 \text{ N}$$

$$F_1 = F_2 - \frac{F}{2} = 1062,5 - \frac{125}{2} = 995 \text{ N} \quad (15)$$

Maximální moment:

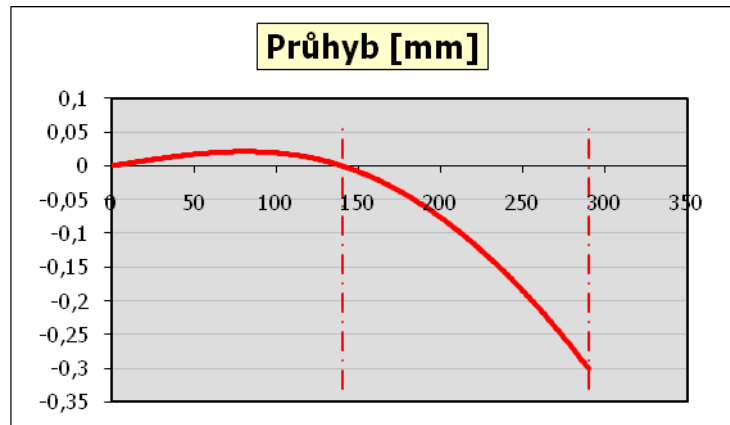
$$M_{OMAX} = F_1 \cdot a = 995 \cdot 140 = 139300 \text{ Nmm} \quad (16)$$

Kontrola na ohyb:

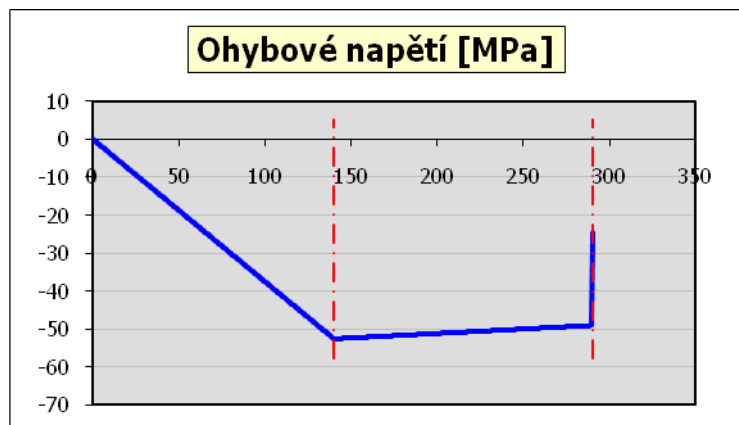
$$\sigma_o = \frac{M_{OMAX}}{W_o} = \frac{M_{OMAX}}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{32 \cdot 139300}{\pi \cdot 30^3} = 52,5 \text{ MPa} \quad (17)$$

$$\sigma_{OD} > \sigma_o \text{ VYHOVUJE}$$

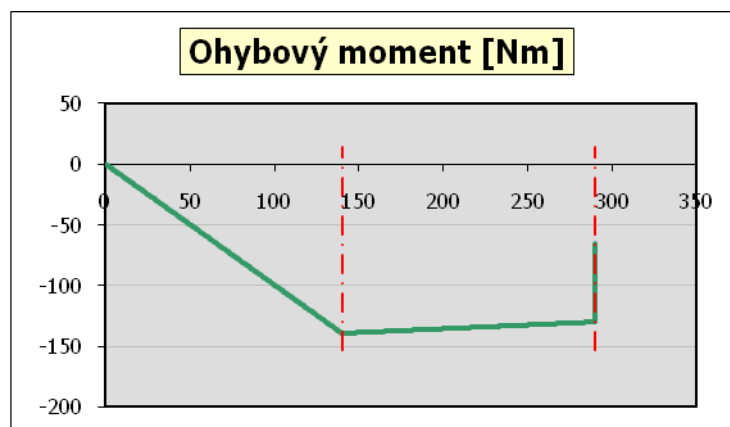
Pomocí programu Mitcalc byly ověřeny reakce v podporách a graficky znázorněny průběhy průhybů a ohybové momenty, které jsou znázorněny na obrázcích č.29- 31. Z grafu je patrné, že největší průhyb je na konci vodící tyče. Jedná se o průhyb 0,3 mm, což se považuje za povolený průhyb.



Obr. č. 29 – průhyb vodící tyče



Obr. č. 30 – ohybové napětí



Obr. č. 31- ohybové momenty

6.6 Kontrola kuličkového pouzdra



Obr. č. 32-kuličkové pouzdro

Síla na jedno pouzdro:

$$P = \frac{F}{2} = \frac{2600}{2} = 1300 \text{ N} \quad (18)$$

Výpočet dynamické únosnosti pouzdra:

Koeficienty bezpečnosti jsou z katalogu výrobce

$$K_Q = 1$$

$$K_S = 1$$

$$K_L = 0,9$$

$$W_R = \frac{P}{K_Q \cdot K_S \cdot K_L} = \frac{1300}{0,9 \cdot 1 \cdot 1} = 1444 \text{ N} \quad (19)$$

Volím pouzdro UBM-30 AWW

Parametry:

Vnitřní průměr pouzdra: $d = 30 \text{ mm}$

Dovolené dynamické zatížení: $C_{dyn} = 2100 \text{ N}$

Dovolené statické zatížení: $C_{stat} = 5920 \text{ N}$

Minimální životnost pouzdra:

$$L_m = \left(\frac{C_{dyn}}{P} \cdot K_Q \cdot K_S \right)^3 \cdot 10^5 = \left(\frac{2100}{1300} \cdot 1 \cdot 1 \right)^3 \cdot 10^5 = 4\,215\,293 \text{ m}$$

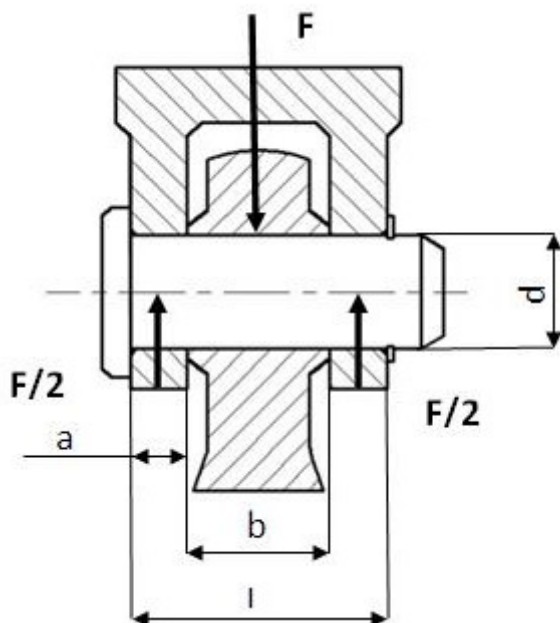
(20)

Dráha, po které se bude pouzdro pohybovat: $s=0,1 \text{ m}$

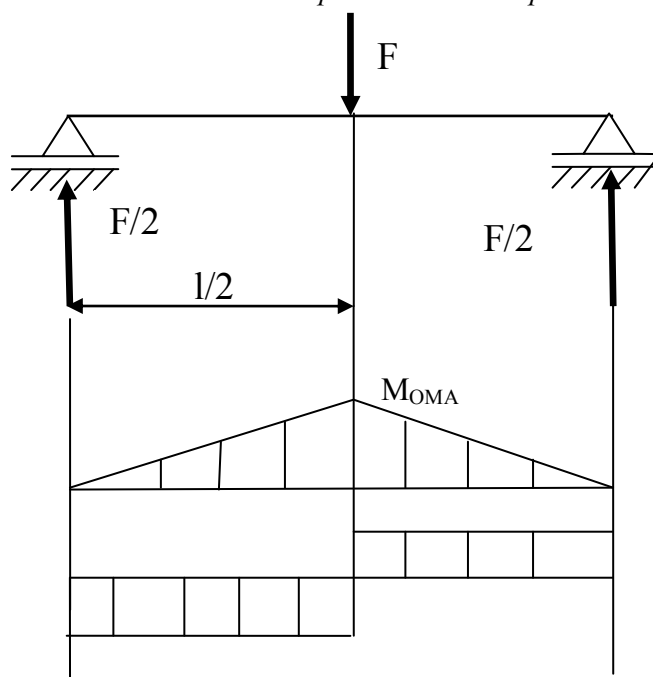
Počet cyklů za 1 minutu: $f=20$

$$L_h = \frac{L_m}{60 \cdot s \cdot f} = \frac{4215293}{60 \cdot 0,1 \cdot 20} = 35127 \text{ h} = 4 \text{ roky} \quad (21)$$

6.7 Kontrola čepu



Obr. č. 34-působení sil na čep



Obr. č. 33-namáhání čepu

Zadáno:

Tloušťka táhla: $a = 10 \text{ mm}$

Rozteč mezi úchyty táhla: $b = 25 \text{ mm}$

Průměr čepu: $\varnothing d = 20 \text{ mm}$

Síla působící na čep: $F = 2600 \text{ N}$

Materiál: 11450

Dovolené napětí v ohybu: $\sigma_{0D} = 70 \text{ MPa}$

Kontrola na ohyb:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F}{2} \cdot \frac{l}{2}}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{16 \cdot F \cdot \left(\frac{a}{2} + \frac{b}{2}\right)}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot 2600 \cdot (5 + 12,5)}{\pi \cdot 20^3} = 28,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{0D} > \sigma_o \text{ VYHOVUJE} \quad (22)$$

Kontrola táhel na otláčení:

$$p_1 = \frac{F}{b \cdot d} = \frac{2600}{25 \cdot 20} = 5,2 \text{ MPa} \quad (23)$$

$$p_{1D} = 15 \text{ MPa}$$

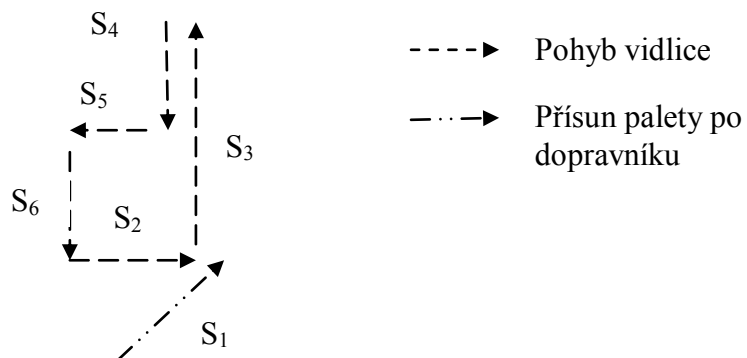
$$p_{1D} > p_1 \text{ VYHOVUJE}$$

$$p_2 = \frac{F}{2 \cdot a \cdot d} = \frac{2600}{2 \cdot 10 \cdot 20} = 6,5 \text{ MPa} \quad (24)$$

$$p_{2D} = 100 \text{ MPa}$$

$$p_{2D} > p_2 \text{ VYHOVUJE}$$

6.8 Časový rozbor



Obr. č. 35-jednotlivé pohyby

S_1 – rozestup mezi paletami a délka palety

$S_2 = S_5$ – zasunutí a vysunutí vidlice

S_3 – maximální nadzvednutí palety

S_4 – spuštění palety

S_6 – spuštění nezatížené vidlice

Zadáno:

Rychlost dopravníku:

$$v_1 = 0,3 \text{ m/s}$$

Rozestup mezi paletami + délka palety:

$$S_1 = 200 + 1200 = 1400 \text{ mm}$$

Rychlost malého pístu:

$$v_2 = 0,4 \text{ m/s}$$

Dráha zasunutí a vysunutí vidlice:

$$S_2 = S_5 = 100 \text{ mm}$$

Rychlost velkého pístu:

$$v_3 = 0,6 \text{ m/s}$$

Maximální výška nadzvednutí palety:

$$S_3 = 300 \text{ mm}$$

Dráha spuštění palety:

$$S_4 = 156 \text{ mm}$$

Dráha nezatížené vidlice:

$$S_6 = 144 \text{ mm}$$

Výpočet trvání jednotlivých kroků:

Čas pro zasunutí a vysunutí vidlice:

$$t_2 = t_5 = \frac{S_2}{v_2} = \frac{0,1}{0,4} = 0,25 \text{ s} \quad (25)$$

Čas pro nadzvednutí palety:

$$t_3 = \frac{S_3}{v_3} = \frac{0,3}{0,6} = 0,5 \text{ s}$$

Čas pro spuštění palety:

$$t_4 = \frac{S_4}{v_3} = \frac{0,156}{0,6} = 0,26 \text{ s}$$

Čas pro spuštění nezátížené vidlice:

$$t_6 = \frac{S_6}{v_3} = \frac{0,144}{0,6} = 0,24 \text{ s}$$

Čas pro příjezd palety do požadovaného místa:

$$t_1 = \frac{S_1}{v_1} = \frac{1,4}{0,3} = 4,7 \text{ s}$$

Celkový čas jednoho cyklu:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 = 4,7 + 0,25 + 0,5 + 0,26 + 0,25 + 0,24 = 6,2 \text{ s} \\ \approx 7 \text{ s} \quad (6.8.2)$$

Čas pro nastohování 11 palet na sebe:

$$t = 11 \cdot t_p = 11 \cdot 7 = 77 \text{ s} \quad (26)$$

7 Závěr

Zadání bakalářské práce bylo navrhnout vhodnou konstrukci manipulátoru palet. Nejdříve byla provedená analýza. Tato analýza se zabývá různými typy palet, jejich dopravou a následně stohováním pomocí automatických strojů tzv. stohovačů.

Podle této analýzy, byl sestaven za pomoci vedoucího práce požadavkový list. Který stanovil typ palet, který se bude stohovat, výška stohu, dopravu do místa stohování a další potřebné informace pro konstrukci stohovače.

Na základě požadavkového listu byly navrženy tři varianty stohovačů. Každá z těchto variant fungovala na jiném principu. Následovala hodnotová analýza, kde se určily kritéria, podle kterých se varianty hodnotily. Tyto data byly zpracovány do tabulek a vyhodnoceny. Výsledkem byla optimální varianta.

Jako optimální varianta se v této práci ukázal stohovač, který využívá pneumatické pohony. Ten byl konstrukčně rozpracován a podrobně popsán. Byl doložen výpočtovou a výkresovou dokumentací.

Výhodou tohoto stohovače jsou poměrně malé rozměry, malá hmotnost, co se týče počtu stohovaných palet, tak je omezen maximální nosností a je možno vyměnit zvedací vidlici, takže může být použitý i pro jiné druhy palet než je zadáno. Nevýhodou je přesná synchronizace obou zvedacích sloupů.

Tato práce není dokonalá a proto pokud by se měl tento stroj používat v praxi, muselo by se dodělat řada věcí. Jako jsou například některé senzory, dále by se mohlo vymyslet vhodnější upnutí zvedací vidlice nebo navrhnout univerzální vidlici, která dokáže uchopit všechny druhy palet, ne jenom europalety.

8 Použitá literatura

- [1] *Palety morava* [online]. 2010 [cit. 2011-04-30]. Palety. Dostupné z WWW: <<http://www.paletymorava.cz/>>.
- [2] *Atrima spol s r.o.* [online]. 2010 [cit. 2011-04-30]. Dopravníky palet. Dostupné z WWW: <<http://www.atrima.cz/143-dopravniky-palet.html>>.
- [3] *Atrima spol s r.o.* [online]. 2010 [cit. 2011-04-30]. Zásobník palet. Dostupné z WWW: <<http://www.atrima.cz/149-zasobnik-palet.html>>.
- [4] *WINKEL* [online]. 2009 [cit. 2011-04-30]. Pneumatický zásobník PSS 15. Dostupné z WWW: <<http://www.winkel.de/cz/vyrobyky/systeme/zasobnik-palet/pneumaticky-zasobnik-palet-pss-15-p/>>.
- [5] *MANEX & Co a.s.* [online]. 2009 [cit. 2011-04-30]. Zásobník prázdných palet. Dostupné z WWW: <<http://www.manex.cz/produkty/doplňkova-zarizeni/stohovacedestohovace/zasobnik-prazdnych-palet/>>.
- [6] *FREEWOOD* [online]. 2010 [cit. 2011-04-30]. Stohovací zařízení na palety. Dostupné z WWW: <<http://www.freewood.cz/produkty/palety/stohovani-palet/stohovaci-zarizeni-na-palety-smps>>.
- [7] *MANEX & Co a.s.* [online]. 2009 [cit. 2011-04-30]. Robotický paletizátor. Dostupné z WWW: <<http://www.manex.cz/produkty/paletizatory/roboticke-paletizatory/roboticky-paletizator-rady-p-890/>>.
- [8] SKAŘUPA, J. *Průmyslové roboty a manipulátory*. [online] Dostupné z WWW: <<http://robot2.vsb.cz/elekskripta/pram/index.html>>.
- [9] BURKOVÍČ, J. *Navrhování RTP*. [online] Dostupné z WWW: <<http://robot.vsb.cz/files/resources/navrhovani-rtp.pdf>>.
- [10] KALÁB, K. *ČÁSTÍ A MECHANISMY STROJŮ PRO BAKALÁŘE : Části spojovací*. 1. vydání. Ostrava : VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2008. 91 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [11] KALÁB, K. *ČÁSTÍ A MECHANISMY STROJŮ PRO BAKALÁŘE : Části pohonů strojů*. 1. vydání. Ostrava : VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2010. 130 s. ISBN 978-80-248-1860-3.

- [12] LEINVEBER, J; VÁVRA, P. *Strojnické Tabulky*. Praha : ALBRA-pedagogické nakladatelství, 2003. 870 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [13] *Bosch Rexroth* [online]. 2010 [cit. 2011-04-30]. Pneumatické pohony a příslušenství. Dostupné z WWW: <<http://www.boschrexroth.com/pneumatics-catalog/>>.
- [14] *T.E.A TECHNIK s.r.o.* [online]. 2010 [cit. 2011-04-30]. Lineární vedení. Dostupné z WWW: <<http://www.teatechnik.cz/linearni-vedeni/>>.

9 Seznam příloh:

Výkresy: Sestava stohovače

Sestava dopravníku

Sestava zvedacího sloupu

Katalogy

CD